

贵州台江中寒武世凯里生物群的埋藏序列分析^{*}

杨瑞东^{1,2)} 张忠英¹⁾ 赵元龙²⁾

1) 南京大学地球科学系 南京 210093 2) 贵州工业大学资源工程系 贵阳 550003

摘要 在贵州台江凯里组中发现一系列的风暴沉积韵律层, 风暴韵律层明显地控制着早期后生动物的埋藏、保存。根据风暴韵律层与化石埋藏、保存特征, 建立了化石埋藏序列 A—D 4 层。A 层为向上变细的、富产潜穴的泥质粉砂岩; B 层为平行纹层发育的、层面上富产三叶虫化石 *Pagetia* 头尾分离的粉砂质泥岩、泥质粉砂岩; C 层富产软体化石的具弱水平纹理的泥岩, 凯里化石库就产于此层; D 层为块状泥岩层, 仅含少量保存完好的三叶虫化石。

关键词 凯里生物群 化石埋藏序列 保存条件

近 20 年来, 随着我国淮南、庙河、澄江和凯里等早期后生生物群发现之后, 国内外兴起了研究早期后生生物群的热潮。然而, 目前对这些早期后生生物群的埋藏学研究还不深入, 仅做了少量的研究(丁莲芳等, 1996; Chen *et al.*, 1991; Hou *et al.*, 1991; 张正华等, 1996; 朱茂炎, 1993; 杨瑞东, 1999a)。因此, 本文以凯里生物群中的化石埋藏序列作为基础, 来分析生物群的保存条件、生态特征。

1 凯里生物群概况

凯里生物群产于贵州台江八郎下、中寒武统凯里组中部的灰绿色、黄绿色泥岩、钙质泥岩、粉砂质泥岩中, 其古地理位置于扬子稳定区与东南活动区之间的过渡区, 处于内、外陆棚海交接地带(张正华等, 1996), 产多孔动物、刺胞动物、水母状化石、蠕形动物、软体动物、腕足动物、节肢动物、棘皮动物、菌藻类、遗迹化石、疑源类等, 已超过 120 属。该动物群属 Burgess 页岩型动物群, 与北美 Spence 化石库相似(赵元龙等, 1994, 1996)。

2 化石埋藏序列

通过对凯里化石库的埋藏学系统研究, 从中发现了化石埋藏序列(插图 1)。化石埋藏序列在贵州台江八郎剖面 6—11, 20—24 层(即凯里化石库层位)中韵律性出现(插图 1)。每个韵律厚约 4—10cm, 根据岩性、沉积构造和化石可将其分为 A, B, C, D 4 层, 各层岩性、

收稿日期: 1999-08-10

(©国家自然科学基金(49772085)、攀登专项(95 专 01)和贵州省科学基金资助成果。All rights reserved. <http://www.cnki.net>)

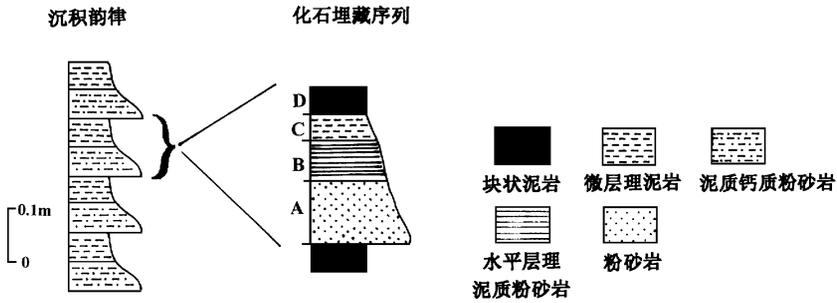


插图1 凯里组沉积韵律及化石埋藏序列

The map showing sedimentary sequences and taphonomic sequences layers in Kaili Formation

化石特征、厚度等如下：

A层(Fs·A): 灰色、绿灰色粉砂质泥岩, 泥质粉砂岩, 无或很少具层理构造, 仅含大型三叶虫 *Kaotia* 头盖及少量的 *Pagetia* 头、尾化石, 其中以产大量的潜穴 *Treptichnus brfurces* 为化石序列A的特征, 厚1—3cm。

B层(Fs·B): 具水平层理的粉沙质泥岩、钙质泥岩, 大量的 *Pagetia* 沿层面密集分布, 头、尾分离, 常具有弱的定向性排列, *Pagetia* 化石丰度可达2—3个/cm², 最多可达5个/cm², 有少量的 *Marpolia*, *Bosworthia* 藻化石, 厚1—3cm。

C层(Fs·C): 灰绿、黄绿色泥岩, 具少量水平纹理, 含有非常丰富的、完整的化石, 从微地层角度分析, 凯里化石库(动物群)就产于该序列层, 凯里化石库中的化石, 特别是那些具软躯体的如蠕形动物 *Scolecillus*, *Selkirkia*; 水母状化石 *Rotadiscus guizhouensis* 及分类位置不明的 *Wiwaxia*; 刺胞动物 *Scenella*; 多孔动物 *Hazelia* (?), *Vauxia*, *Protospogia*, *Chancelloria* 等, 和大量的结构脆弱, 难以保存为完好化石的软舌螺 *Haplophrentis*; 棘皮动物 *Sinoeocrinus*, *Paragogia*, *Curtoeocrinus*; 藻类化石 *Bosworthia*, *Marpolia*, *Eolaminaria*, *Fractibeltia*, *Palaeodictyota*, *Wavilaminaria* 等都在该序列层产出。另外还产有丰富的三叶虫 *Kaotia*, *Xingrenaspis*, *Oryctocephalus*, *Olenoides*, *Peronopsis*, *Pagetia* 和非三叶虫节肢动物化石 *Canadaspis*, *Tuzoia*, *Chuandinella* 和遗迹化石 *Phycodes*, 厚1—3cm。

D层(Fs·D): 黄绿色块状泥岩, 化石保存好, 但化石从数量、门类上明显减少, 缺少刺胞动物、棘皮动物、软舌螺、*Wiwaxia*、蠕形动物、水母状化石、多孔动物等化石, 仅有三叶虫 *Pagetia*, *Kaotia*, *Xingrenaspis*, *Oryctocephalus* 和腕足类 *Glyptacrothele*, *Linnarssonina* 等化石, 化石壳体小且壳薄, 多为营浮游生物。该序列以大多数三叶虫 *Pagetia* 头尾不分离和腕足类 *Glyptacrothele* 双壳相连为特征, 另有丰富的层面爬迹化石 *Tasmanadia*, *Bostricophyton*, *Petalichnus*, *Monomorphichnus*, *Eophyton*, *Oldhamia*, *Phycodes*, *Tibikoia*, *Palaeophycus*, 厚1—2cm。

3 生物群保存条件分析

凯里化石库中化石埋藏序列的发现, 对研究凯里生物群的古生态具有重要意义, 同时对

研究其他早期后生动物群的埋藏学、生态学有着重要的参考价值。

3.1 在早、中寒武世, 台江八郎一带正处在内陆棚(张正华等, 1996), 当时在凯里挂丁、三穗两个生物礁滩之间存在一个相当低凹的通道(桑惕等, 1992), 由于当时台地上以陆源碎屑沉积为主(高台组), 这个通道成了细粒陆源碎屑进入陆棚区的出口, 因此, 在台江八郎一带产凯里化石库的凯里组沉积速率达 $400\text{m}/\text{Ma}$, 这样高的沉积速率对凯里动物群完整保存下来起着重要作用。

3.2 从化石埋藏序列分析, 阵发性水流事件是动物群保存下来的重要条件, 由于阵发性水流改变了水体的物化条件, 如水体变浑浊, 使生活在水体中的生物大量死亡, 并在水动力强度, 沉积速率合适的时候(C层沉积时), 生物尸体得以保存。在事件早期(A层沉积时), 沉积速率很高, 水动力很强, 生物尸体几乎都被破坏, 如藻类及具软躯体的“轻”生物被阵发水流从海底带到水体中, 或生活在水体中的生物才开始“中毒”死亡, 因此, 在A层中仅有大型三叶虫碎片及斜交和垂直层面的生物潜穴。B层沉积时, 沉积速率高, 水动力强, 沉积以侧向加积为主, 这时只有 *Pagetia* 等带硬壳的生物保存为化石, 但化石常被分选改造, 化石头、尾分离, 呈定向排列。C层沉积时, 沉积速率仍较高, 但水动力弱, 这时浮在水体中已死亡的“轻”生物大量沉降下来, 由于水动力弱, 沉积速率高, 因此, 大量的具软躯体和“轻”生物被保存下来。事件结束后, 海底处于正常沉积(D层沉积时), 这时水动力很弱, 沉积速率也很低, 生物只有正常死亡, 生物死亡后没有得到快速埋藏而被氧化分解, 因此, 仅保存少量具壳体的化石, 它们以壳小、壳壁薄的三叶虫和腕足类为主, 化石保存完好, 有些腕足类化石双壳

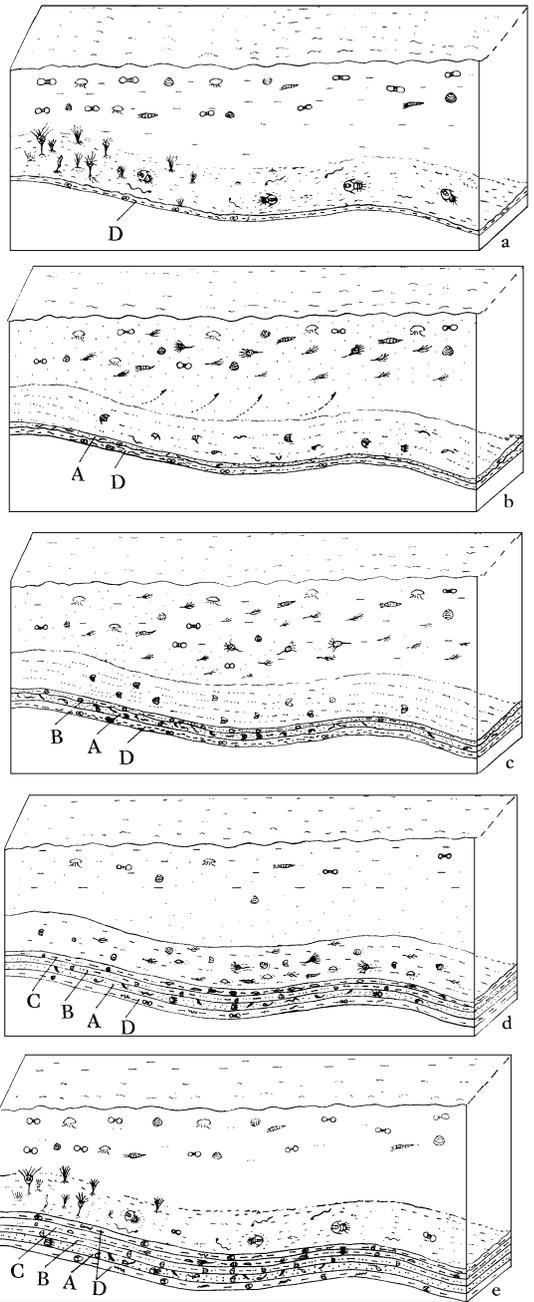


插图 2 凯里组化石库埋藏过程简图

The sketch showing Kaili Lagerstätte buried process

a. 埋藏事件前, b. 埋藏序列 A 层, c. 埋藏序列 B 层, d. 埋藏序列 C 层, e. 埋藏事件后, 相当于埋藏序列 D 层。

a. before buried event, deposit fossil buried sequence D. b. buried sequence A. c. buried sequence B. d. fossil buried sequence e. after buried event, deposit fossil buried sequence D.

相连(黄友庄等,1994)。这个过程可由插图 2a-e 表示。这个埋藏机理与贵州三叠纪菊石和双壳类化石群埋藏机理相似(杨瑞东,1997)。

3.3 凯里组中化石产出状况也与凯里组中的沉积特征、沉积韵律层有很大相关性(插图 3)。

3.3.1 剖面上在 6-10 层、19-24 层段中化石丰富度很高,这两个层位正好处于台江化石库和凯里化石库产出层位,两个层位中都发育典型的韵律层(插图 1),正是这两个层位中有韵律层不断出现,化石才异常丰富。

3.3.2 剖面上 2-5 层、11-18 层、25-27 层 3 个层段化石丰富度低,这 3 个层段均缺少类似于 8 层、20 层中的韵律层沉积,特别是 11-18 层段,其岩性宏观上与 6-10 层、19-24 层段不相同,缺少了韵律层沉积,它是以块状层或无韵律性的薄层泥岩、粉砂质泥岩等组成,故其中化石稀少。

3.3.3 根据三叶虫、腕足类、软舌螺等化石的定向性测量,测得当时古流方向为 35° 左右,这与当时斜坡上的浊流方向相同(蒲心纯等,1993),说明物源来自上扬子台地区。

3.3.4 遗迹化石丰富度、遗迹化石层面迹与层内迹数量多少与其它化石保存完好性、丰富度、分异度都有一定的关系,即遗迹化石丰富的层位,其它化石也很丰富,如 8-10 层、20-24 层中遗迹化石非常丰富,其中就产台江化石库和凯里化石库;特别是层面遗迹与层内遗迹交替出现的层位,是大量其它化石保存的层位。而仅有层面遗迹的层位,则代表沉积速率缓慢,水体比较深,生物扰动强烈,具有软体的生物体很难保存为化石;而仅有层内遗迹的层位,代表沉积速率高,水动力强,具有软体的生物体容易被破坏而难以保存为化石。

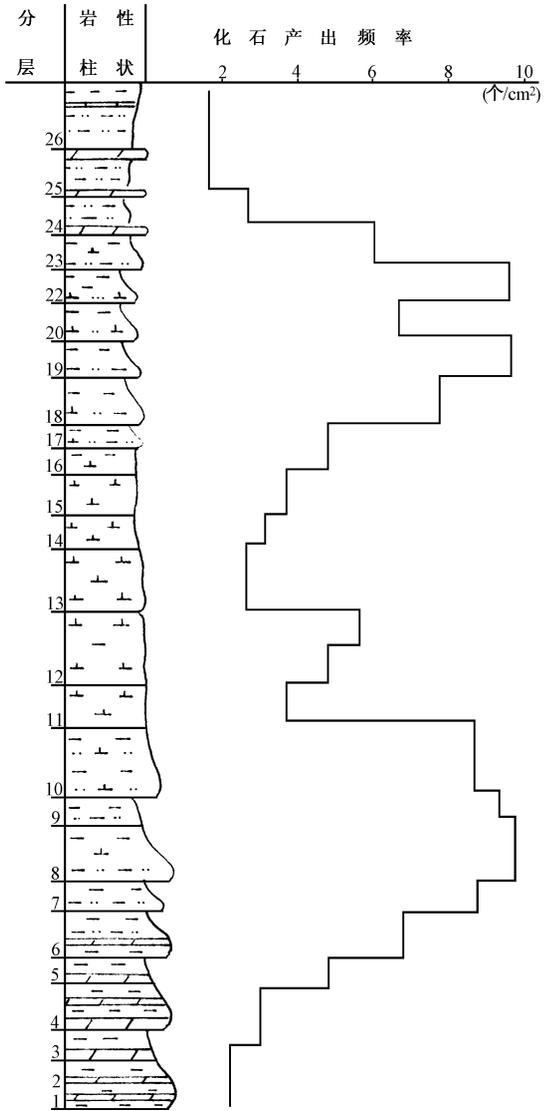


插图 3 凯里组各层中化石产出频率图
The map showing fossil occurrence frequency

4 生物群生活环境恢复

凯里化石库埋藏环境从遗迹化石组合及沉积特征分析认为是陆棚环境, 水体深度为 150—200m(张正华等, 1996; 杨式溥, 1994), 然而, 最近在化石库中却发现了大量的藻类化石, 其中有红藻、褐藻等(杨瑞东等, 1999b, 1999c), 如 *Marpolia*, *Bosworthia*, *Eolaminaria*, *Palaeodictyota*, *Paraamphyiroa*, *Umbellulaga*, *Eoulothrix*, *Fractibeltia* 等 10 多个属, 根据现代藻类生活习性, 红藻(珊瑚藻)、褐藻类主要生活在 20—50m(一般生活在 10—20m, 最深达 70—90m)(福迪·B., 1981), 这不能解释水深在 150—200m 处有如此高分异度、丰富的藻类植物群。因此, 生物群是原地埋藏还是异地埋藏问题就显得突出起来。从化石组合、个体生态和沉积特征分析, 凯里生物群与加拿大 Burgess 页岩动物群一样属异地埋藏生物群。可以从以下几个方面论述:

(1) 生物群仅产在具有韵律层的层位, 而韵律层是风暴沉积形成, 其对浅水中生活的生物群有破坏作用, 然后随风暴流沉积在陆棚区。

(2) 正常沉积的层位或 D 层中化石少, 仅有薄壳腕足类和 *Pagitia* 等小型营浮游生物化石, 化石保存完好, 双壳相连, 说明在正常陆棚环境生物分异度、丰度不高。

(3) 藻类的存在是其它生物大量生存的有利条件, 如目前发现的 Burgess、澄江、庙河和淮南生物群, 都有大量的藻类存在, 因此, 大量藻类生活的环境可以说是极好的生物群生活环境, 而陆棚环境中不会有如此高分异度、丰富的藻类植物群。

(4) 海绵、水母、棘皮化石都成平行层面保存, 保存状态说明海绵、水母、棘皮动物化石是在自由沉降后被泥质沉积物埋藏, 并不是突然受到泥质快速埋藏而死亡, 如果是这样, 那么海绵、水母、棘皮动物化石保存状态会出现斜插层面现象, 但海绵、水母、棘皮动物化石均没有看到这种现象, 而且化石没有定向性, 说明底流很弱, 这些化石的保存方式可由插图 2 中化石埋藏机理来解释。

(5) 疑源类化石中球形亚类 *lieosphaerids* 一般认为是浅水近岸环境生活的微生物(尹磊明, 1995), 在动物群大量产出层位, *lieosphaerids* 类也大量出现, 说明生物群是由浅水区搬运至较深的陆棚区。

综上所述, 凯里生物群生活环境应是水体浅于 90m 的浅海环境, 而其埋藏环境则为水深在 150—200m 的陆棚环境, 因此, 它类似于加拿大 Burgess 页岩生物群, 属于异地埋藏生物群。

本文成文中得到杨湘宁教授的指导和帮助, 南京地质古生物研究所袁金良教授审阅了全文, 贵州工业大学黄友庄副教授、郭庆军、周震等参加了野外工作, 在此表示感谢。

参考文献

丁莲芳, 李 勇, 胡夏嵩等, 1996. 震旦纪庙河生物群. 北京: 地质出版社. 1—146.

尹磊明, 1995. 吉林浑江、湖北宜昌早奥陶世疑源类. 北京: 地质出版社. 1—92.

张正华, 沈建伟, 赵元龙等, 1996. 贵州台江中寒武世凯里动物群保存环境初探. 古生物学报, 35(5): 607—622.

- 赵元龙,黄友庄,毛家仁等,1996. 凯里化石库——一个新的中寒武世布尔吉斯页岩型化石库. 贵州地质, **17**(2): 105—114.
- 赵元龙,袁金良,黄友庄等,1994. 贵州台江中寒武世凯里动物群. 古生物学报, **33**(3): 263—271.
- 杨式溥,1994. 贵州台江早、中寒武世凯里组的遗迹化石. 古生物学报, **33**(3): 350—358.
- 杨瑞东,1996. 黔中、黔南三叠纪古生态、古群落研究. 岩相古地理, **16**(6): 42—47.
- 杨瑞东,赵元龙,1999a. 我国早期后生动物群的特异埋藏机理探讨. 沉积学报, **17**(1): 161—165.
- 杨瑞东,赵元龙,郭庆军,施贵军,1999b. 贵州台江早—中寒武世凯里组的宏观藻类化石. 地质论评, **45**(3): 282—290.
- 杨瑞东,赵元龙,1999c. 贵州台江中寒武世具节珊瑚藻类化石的发现. 科学通报, **44**(11): 1202—1205.
- 浦心纯,周浩达,王熙林等,1993. 中国南方寒武纪岩相古地理与成矿作用. 北京:地质出版社, 40—100.
- 黄友庄,王化羽,赵元龙,1994. 贵州台江早、中寒武世凯里组的腕足动物. 古生物学报, **33**(3): 335—344.
- 福迪·B 著,罗迪安译,1980. 藻类学. 上海:上海科学技术出版社, 1—449.
- Chen Jun-yuan, Bergstrom J, Lindstrom M, Hou Xian-guang, 1991. Fossilized soft-bodied fauna. Nat. Geogr. Res. Explor., **7**(1): 8—19.
- Hou Xian-guang, Ramskold L, Bergstrom J, 1991. Composition and preservation of the Chengjiang fauna——a Lower Cambrian soft-bodied biota. Zool. Sci., **20**(4): 395—411.

TAPHONOMIC AND PALAEOECOLOGICAL ANALYSIS OF THE MIDDLE CAMBRIAN KAILI LAGERSTÄTTE IN TAIJIANG, GUIZHOU

YANG Rui-Dong^{1,2)}, ZHANG Zhong-Ying¹⁾ and ZHAO Yuan-Long²⁾

1) Department of Earth Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093

2) Department of Resource Engineering, Guizhou University of Technology, Guiyang 550003

Key words: Fossil taphonomic sequence, Kaili Lagerstätte, Guizhou, China

A number of rhythmic units resulted from episodic sedimentary events, possibly in relation to storms are discovered in the Early—Middle Cambrian Kaili Formation. Those rhythmic units evidently control the distribution of the Kaili Biota. Every fossil taphonomic sequence consists of A, B, C, D beds:

A bed is composed of finely muddy siltstone, yielding abundant trace fossils (boring) and trilobite fragments, with a thickness 1 to 3 cm.

B bed is represented by parallel laminated silty mudstone, yielding abundant *Pagetia* distributed along bedding surface, with a thickness 1 to 3 cm.

C bed is composed of poorly laminated mudstone, containing abundant soft-bodied fossils, with a thickness from 1 to 3 cm.

D bed is represented by massive mudstone only having a few well-preserved trilobite fossils.

The fossil taphonomic sequence is important for studying Kaili Lagerstätte's palaeoecology and taphonomy, and finding new lagerstätten, in this paper, the authors consider that the Kaili Biota is anomalously buried lagerstätte as the Burgess Shale Biota.

The following factors lend support to the assumption that the Kaili Biota is anomalously buried lagerstätte:

- (1) A lot of soft-bodied fossils are only preserved in the D bed of rhythmic unit, of tempestite sedimentary sequence, but a few swimming trilobites and brachiopods are only preserved in the E bed of tempestite sequence.
- (2) The Kaili Biota contains a number of algal fossils, which lack “holdfast” and the algal fossils (red, blue and brown algae) have high diversity and abundance, on the basis of the ecology of modern algae, this algae fossil assemblage represents that the Kaili Biota might have lived in a water depth 90m .
- (3) Abundant leiosphaerids of acritarchs and soft-bodied fossils cooccur in the D bed of tempestite sedimentary sequence.